

ASSOCIATION MAROCAINE POUR LES CONGRES DE LA ROUTE

ESPRIT MARRAKECH 2016

LE 04, 05, 06 MAI 2016

ENTRETIEN, SAUVEGARDE DU PATRIMOINE ROUTIER
ET INNOVATION TECHNIQUE



LE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES ROUTIERES
UN LEVIER POUR LA SAUVEGARDE
DE L'ENVIRONNEMENT

TAOUSI LAHCEN

FEVRIER 2016

LE DEVELOPPEMENT DES TECHNOLOGIES ROUTIERES
UN LEVIER POUR LA SAUVEGARDE
DE L'ENVIRONNEMENT

SOMMAIRE

RESUME

I – INTRODUCTION

II – PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES ROUTES

III – DONNEES STATISTIQUES

IV – IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

V – APPORT DE LA TECHNOLOGIE ROUTIERE

VI – CONCLUSION

RESUME

Le développement socio-économique est désormais synonyme du niveau des infrastructures de transports. Les conditions de déplacement des biens et des personnes, ce trouvent au centre des préoccupations des décideurs et de toutes les organisations qui interagissent pour créer et maintenir l'évolution.

Au niveau continental, le mode de transport terrestre demeure le principal levier favorisant la promotion des échanges interrégionaux en supportant plus de 60 % des déplacements et des approvisionnements.

La route devient à cet effet un paramètre déterminant dans l'équation du développement, mais également par sa nature et les conditions requises pour sa construction et sa maintenance, un élément transgressant la nature et dérangeant l'environnement.

Pour approcher cet équilibre, les recherches routières se sont orientées vers des techniques de construction et de maintenance faisant appel à des technologies qui permettent de réduire tous les impacts négatifs sur l'environnement, en l'occurrence l'énergie, l'extraction des matériaux, le transport etc....

Les techniques à froid, et les enrobés à haute performance permettent d'atteindre cet objectif, dans la mesure où elles contribuent à réduire l'énergie, à minimiser les quantités des matériaux et à compresser les délais de réalisation des travaux.

La présente communication, se propose à travers des statistiques et des cas réels, de présenter de manière sommaire et illustrative, l'impact de l'industrie routière sur l'environnement.

I- INTRODUCTION:

Depuis l'apparition des premiers aspects de la vie sur notre planète, la croissance est devenue un paramètre qui régule et conditionne le développement de toutes les espèces qui interagissent dans le temps et dans l'espace.

L'espèce humaine, investie de grandes capacités d'adaptation est devenue l'élément principal de l'équation universelle qui modélise l'évolution de l'existence sur la planète terrestre.

L'homme doté d'une intelligence, et d'un pouvoir d'expression et de communication qui sont propres à son espèce, se distingue à cet effet par l'esprit d'organisation et de croissance, et des perspectives du changement dans le cadre de l'amélioration des conditions de vie et le développement de nouveaux besoins.

Ces principes ont conduit à l'accroissement démographique, lui même à la base de l'amplification des besoins en urbanisation qui se répercutent sur le niveau du développement régional.

Cette évolution accélérée, a été accompagnée de la croissance de tous les moyens de communication, notamment les infrastructures de transport, surtout les réseaux routiers, qui constituent les premières formes de liaison entre les groupements localisés.

La route se développe obligatoirement dans son environnement. Elle le transgresse, le transforme, et l'impacte par les diverses activités et la dynamique qu'elle crée.

Les nuisances de l'industrie routière, ne se limitent pas à son environnement immédiat. Elles le dépassent pour atteindre d'autres horizons à cause des répercussions des activités de production des matériaux, de l'ouverture des carrières, de la fabrication des produits composés, du transport, du dégagement des gaz et des poussières etc....

Ces retombées négatives sur l'environnement, si elles ne peuvent pas être éradiquées, car elles participent au développement socio-économique, elles

doivent en revanche être maîtrisées et réduites à leur minimum pour approcher l'équilibre recherché entre les impératives du développement nécessaire à l'amélioration des conditions de vie, et la sauvegarde de l'environnement indispensable à la survie de l'espèce humaine.

C'est dans ce cadre que s'inscrivent les différentes recherches routières qui visent à faire évoluer les techniques et les technologies de l'industrie routière vers la réduction de l'appel à l'énergie, la minimisation des quantités des matériaux, l'optimisation des transports et la diminution des délais de réalisation des travaux.

Cette communication, se propose à travers quelques données statistiques, de présenter l'impact que pourrait avoir le recours à certaines techniques routières, sur la sauvegarde de l'environnement au niveau de la construction et de la maintenance des infrastructures routières.

II-PROCESSUS DE CONSTRUCTION DES ROUTES

La construction d'une route passe par plusieurs phases et suit un cycle qui commence par la préparation du sol support, et se termine par une couche de roulement, qui représente l'aspect du produit final offert à l'usager.

Les composants d'une infrastructure routière aussi bien en milieu urbain qu'en rase campagne, proviennent du milieu naturel, et sont utilisés soit à l'état brut, ou après avoir subi une transformation mécanique pour répondre à des critères techniques nécessaires à la pérennité de l'investissement.

Les projets routiers en rase campagne, se développent sur des linéaires importants, et nécessitent des emprises suffisantes pour la réalisation de la chaussée et ses dépendances. A cet effet, le passage d'une route, ne peut pas se faire sans transgression de l'environnement immédiat, car elle transforme l'espace et perturbe l'écosystème qui lui est contigu.

Pour assurer la pérennité de l'investissement routier, et minimiser leur entretien et leur maintenance dans le but d'assurer un niveau de service convenable, les matériaux utilisés dans la construction des routes et des voiries, obéissent à des exigences techniques qui déterminent et fixent leurs

caractéristiques et les limites de leur évolution dans le temps sous les sollicitations externes.

C'est ce qui explique le recours à des prospections très poussées pour choisir les sites d'extraction des matériaux, en considérant l'objectif principal qui met en équation la préservation de l'environnement, le coût de l'investissement et le besoin du développement régional.

1- Les matériaux

La production des matériaux nécessaires pour la construction des routes et des voiries, nécessite l'ouverture de carrières de deux types : les ballastières qui concernent l'exploitation des matériaux au niveau du domaine public hydraulique (les cours d'eau), et les fronts d'abattage dans des massifs rocheux.

Les moyens d'extraction du matériau brut sont quasiment identiques dans les deux cas, mais les impacts sur l'environnement sont nuancés selon les données naturelles avoisinantes.

Dans tous les cas, la production des matériaux pour la construction des différentes couches qui constituent une route, s'accompagne par une consommation d'énergie assez importante, et le dégagement de poussières abondantes si des précautions spécifiques ne sont pas observées pendant les opérations dites de concassage.

L'ouverture des fronts d'abattage ou l'exploitation des ballastières perturbent les écosystèmes et transforment l'environnement immédiat. De part les poussières dégagées lors de la fabrication et du transport du brut, elles sont responsables de la dégradation du milieu naturel et de la disparition de plusieurs espèces animales et végétales. La difficulté et la complexité des actions de remise en état des lieux des carrières dites provisoires pour les chantiers routiers, augmentent les nuisances causées aux riverains et créent des espaces dangereux, générateurs de problèmes d'insécurité.

Différent types de matériaux sont généralement produits au niveau des carrières : les remblais, les tout venants, les gravettes et les sables.

Ces matériaux sont stockés sur place tels que les gravettes et les sables qui rentrent dans la composition des enrobés lorsque la station d'enrobage est installée au niveau de la carrière, les autres types sont livrés aux chantiers. Leur transport est un autre facteur dégradant et participant à la pollution de l'environnement.

2- Les mélanges

Les produits composés destinés à la construction et à la maintenance des routes et des voiries, font partie généralement de la famille des enrobés bitumineux et des asphaltes coulés.

Dosés à des proportions calculées selon la destination et l'usage du produit fabriqué, les enrobés sont constitués de mélange de sable, de gravettes de différentes granulométrie, de bitume et de filler en cas de besoin.

La production de ces mélanges fait appel à une énergie importante pour amener les matériaux à une température supérieure à 160 °C.

Le processus de fabrication comporte un préchauffage des liants pendant une période qui peut dépasser 24 heures, l'introduction des matériaux, et le maintien d'une flamme pendant toute la durée de fabrication. Cette dernière est accompagnée par le dégagement de fumée et éventuellement de poussière.

Les mélanges une fois fabriqués, sont transportés vers les lieux des travaux à travers le réseau routier, à une température supérieure à 160 °C.

Cette activité impacte l'environnement avoisinant depuis les manœuvres sur lieux de fabrication jusqu'à la livraison sur les zones de mise en œuvre. Le dégagement des odeurs, l'effet des températures élevées, l'agressivité sonore, autant de facteurs défavorables à la sauvegarde de l'environnement et à la réduction de la pollution de l'atmosphère. Cet impact augmente avec le niveau de vétusté du matériel utilisé dans toutes les phases du processus.

3- La mise en œuvre

La mise en œuvre, concerne toutes les couches de structure de la route y compris celles du déblai et du remblai. Toutefois, la différence se situe au niveau du matériel utilisé pour les terrassements et la mise en œuvre des

couches non traitées au liant hydrocarboné, et celui auquel fait appel la réalisation de tous les types d'enrobé : GBB, EB, BBME, EME etc....

L'épandage et la finition des couches des matériaux blancs, ne posent pas de problèmes environnementaux inquiétants. Les travaux sont réalisés à froid sous arrosage permanent, ce qui permet de réduire le dégagement des poussières considérées comme seules éléments polluant.

En revanche, la mise en œuvre des enrobés nécessite un matériel spécial, et dégage plusieurs éléments nuisibles surtout en milieu urbain (fumée, odeurs, etc...).

De manière générale, l'impact de la mise en œuvre sur l'environnement reste faible en rase campagne, mais peut être significative dans le cas des voiries urbaines.

III-DONNEES STATISTIQUES :

1) Préparation des matériaux :

La consommation des matériaux sera approchée en prenant en compte, aussi bien pour les matériaux blancs que pour les produits bitumineux, une moyenne dégagée à partir d'une enquête auprès de quelques entreprises nationales. Les chiffres sont à prendre avec une très grande précaution, car l'objectif se limite à illustrer la problématique de l'industrie routière au niveau de la sauvegarde de l'environnement. Une étude exacte nécessitera des données précises, beaucoup plus de temps et des moyens plus importants.

A travers les travaux réalisés dans le cadre de la maintenance des chaussées et des voiries urbaines, nous avons pris en considération la production et la mise en œuvre, pour les structures de chaussées, les quantités de matériaux suivantes en M3 pendant l'année 2015.

	DESIGNATION	QUANTITE (M3)		
	GNA - GNF - CDF	52 000,00		
	Gravettes	120 000,00		
	Sables	72 000,00		

C'est un volume de matériaux de 244 000,00 M3, fabriqué et mis en œuvre pour les travaux de maintenance et d'entretien des routes et des voiries urbaines. La préparation de ces quantités a nécessité la combustion d'une quantité de 530 000,00 litres de gasoil, sans prendre en considération les quantités de gasoil induites, découlant du transport, de la maintenance du matériel, du fonctionnement des unités de production etc....

Nous dégageons de ces statistiques la quantité d'énergie nécessaire pour la fabrication d'un mètre cube de matériau, qu'il faut toujours prendre avec précaution, et qui représente le quotient : $244\ 000 / 530\ 000$, soit 0,46 l/m3.

Il en résulte que pour fabriquer 1 m3 de matériau routier, il faut consommer 0.43 litres de gasoil. Nous précisons encore une fois, que nous visons uniquement une illustration sommaire.

2) Fabrication des enrobés :

Ces matériaux ont permis de produire et de mettre en œuvre pendant la même année 2015 une quantité de 350 000 t d'enrobé.

La fabrication de ce tonnage en enrobé a nécessité la combustion de 480 000,00 litres de gasoil ce qui permet d'approcher le ratio énergétique de production d'une tonne d'enrobé, qui est équivalent au rapport suivant $480\ 000 / 350\ 000 = 1,37\ \text{l/T}$.

La mise en œuvre des enrobés fait appel à la consommation d'énergie à des quantités nuancées par rapport à la fabrication. L'analyse des données statistiques et de la comptabilité analytique des sociétés approchées a permis de dégager le ratio de 0,61 l pour la mise en œuvre d'une tonne d'enrobé.

Ainsi nous avons bouclé le cycle de la fabrication et de la mise en œuvre des enrobés, pour aboutir au bilan énergétique ci-dessous, qui ne tient pas compte

des énergies d'accompagnement, notamment celles relatives au transport des matériaux, aux déplacements de services, etc....

Ce bilan se présente comme suit :

	Fabrication des matériaux	0,31 l/t				
	Fabrication des enrobés	1,37 l/t				
	mise en œuvre des enrobés	0,61 l/t				

La fabrication des matériaux pour l'entretien et la construction des routes et des voiries, s'accompagne également par le dégagement des poussières avec une intensité variable suivant la nature du gisement.

Profitant de l'inscription de certains producteurs de matériaux, aux impératives de la préservation de l'environnement en tant qu'entreprises citoyennes, nous avons approché l'un d'entre eux pour mieux appréhender les équipements qu'ils ont dû installer pour réduire le dégagement des poussières.

L'exploitation des données statistiques des équipements mis en place pour récupérer les poussières sous forme de filler, ont permis de dégager le ratio de 1,60 kg de poussière par mètre cube de matériaux produits.

3) Dégagement de CO₂ :

Le dégagement du CO₂ émane de plusieurs sources, dont la combustion du gasoil. Sans rentrer dans des considérations chimiques plus ou moins complexes, nous pouvons retenir de la littérature en vigueur, basée sur la recherche scientifique que la combustion d'un litre de gasoil, libère 2,67 Kg de CO₂.

Nous allons retenir ce ratio pour le reste de notre exercice, pour évaluer d'une manière encore une fois approximative, la contribution de l'industrie routière au dégagement du gaz CO₂, et par la suite, la revue des dispositions permettant de réduire l'émission de ce gaz.

IV- IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

Dans cette analyse, nous allons dépasser la pollution de l'environnement lié au transport des matériaux, à la poussière dégagée lors de la fabrication des matériaux, aux nuisances sonores etc....

Nous nous intéresserons seulement à l'impact des éléments énergétiques, depuis la préparation des matériaux jusqu'à la mise en œuvre des enrobés en passant par leur fabrication.

Les données statistiques peuvent varier d'une entreprise à une autre, et la moyenne nationale prise en compte peut également fluctuer. L'essentiel recherché de notre analyse étant de donner un ordre de grandeur de l'impact que peut avoir la fabrication et la mise en œuvre des enrobés sur l'environnement, en tant que fraction importante dans l'industrie routière.

Le calcul sera mené pour dégager un ratio global de dégagement de CO₂ par une tonne d'enrobé, en considérant, pour faciliter l'analyse, un enrobé bitumineux classique. Il est entendu qu'il existe plusieurs types d'enrobé qui, en fonction de leur destination et de leurs usages, consomment des quantités de matériaux et font appel à des énergies différentes.

La formule d'un enrobé classique, comprend en général et de manière moyenne :

50% de matériaux classés dans la catégorie des sables.

50% de gravette généralement de classe 4/6 et/ou 6/10.

5,4% de liant hydrocarboné.

Une tonne d'enrobé est composé en général de :

500 Kg de sable.

500 Kg de gravette.

5,4 Kg de bitume.

Il en résulte que pour produire et mettre en œuvre. Une (1) tonne d'enrobé, en terme d'énergie, on fera appel aux quantités de gasoil suivantes :

Préparation des matériaux	: 0.31 litre
Fabrication de l'enrobé	: 1,37 litre
Mise en œuvre de l'enrobé	: 0,61 litre
Total	: 2,29 litre

Pour chaque tonne d'enrobé nous brûlons 2,29 litres de gasoil et par conséquent l'opération dégage dans l'atmosphère :

			$2,29 \times 2,67 = 6,114 \text{ Kg de CO}_2 / \text{t}$			

Si l'on considère qu'à l'échelon national, la production annuelle de la production des enrobés gravite autour de 3.000.000,00 t, il en résulte que la quantité moyenne de CO₂ dégagée par l'industrie routière pour sa fraction d'enrobé est de :

			$6,114 \times 3.000.000,00 = 18.342.000 \text{ Kg de CO}_2 / \text{an}$			

V- APPORT DE LA TECHNOLOGIE ROUTIERE

La croissance des échanges, a forcé le développement de la technologie de la construction automobile, pour donner naissance à la nouvelle génération des véhicules caractérisés par de grandes vitesses et des charges transmises à la chaussée plus importantes. Le rythme des dégradations s'est accéléré en conséquence, et le niveau du confort est devenu inadapté aux conditions de la circulation requises. L'entretien et la maintenance devaient évoluer également pour s'étendre aux structures des chaussées, aux caractéristiques géométriques et techniques, à l'assainissement, au drainage, etc. ...

Cette croissance doit être soutenue par une infrastructure favorable au rythme des échanges, à la dimension du temps des transactions commerciales et la rapidité du déplacement qu'elles nécessitent, à la sécurité et à la fluidité du trafic etc... Les concepteurs de la nouvelle génération des routes, ont pris en considération toutes ces contraintes pour mettre en service un produit moderne, apte à accompagner convenablement l'évolution rapide du niveau de la mobilité des biens et des personnes.

Le recours à des techniques de construction des routes adaptées au niveau du confort exigé par la nouvelle génération des moyens de transport, ont orienté la recherche dans le domaine de l'entretien et de la maintenance vers des techniques qui :

- améliorent les caractéristiques géométriques et structurelles
- garantissent des niveaux satisfaisants des conditions de la sécurité et de la fluidité du trafic

C'est ainsi que l'entretien et la maintenance ont dépassé le niveau des moyens rudimentaires pour se placer au seuil de la mécanisation et de la recherche scientifique.

Ces recherches ont essayé, dans une première phase, d'apporter des réponses à plusieurs aspects qui accompagnent le rythme du développement socio – économique, et de la croissance des échanges inter régionaux.

Actuellement les contraintes de la sauvegarde de l'environnement qui occupe une place centrale dans le processus du développement des projets d'infrastructures, doivent être prises en compte dans le cadre de l'entretien avec comme objectif : la réduction de l'appel d'énergie, l'optimisation de l'utilisation des matériaux, la diminution des cycles de transport etc

Ce sont les paramètres qui caractérisent le développement durable et les stratégies qui mettent en équation l'amélioration des conditions de vie et la préservation des ressources naturelles.

Le développement des technologies routières a été orienté par conséquent vers la modification des matériaux de base d'une part, et le développement de plusieurs techniques d'entretien pour régler le paradoxe qui met en équation :

la préservation du milieu naturel et l'aménagement du territoire national pour répondre aux besoins du développement durable.

Ces techniques innovantes de la maintenance des chaussées, peuvent être classées en deux grandes familles : celles basées sur des liants spéciaux, encore appelées techniques à chaud ou enrobé à haute performance, et celles dites à froid, permettant le retraitement des matériaux en place.

LES TECHNIQUES A CHAUD

Ces techniques utilisent entre autres les bitumes modifiés ou bitume dure.

La modification des liants hydrocarbonés a pour objectif l'amélioration des caractéristiques des bitumes et des émulsions afin d'augmenter la résistance des mélanges aux différentes sollicitations qu'ils sont appelés à supporter, aussi bien celles du trafic que celles des agents climatiques.

Les polymères et les élastomères ou d'autres produits modifiant les bitumes, permettent de rendre les bitumes ainsi modifiés moins sensibles au gradient thermique, et d'augmenter la cohésion des mélanges. Ce sont des paramètres favorables à une diminution des structures d'entretien, pour des performances techniques meilleures.

La technique se trouve à cet effet au diapason des orientations du développement durable qui s'articulent essentiellement autour des économies de la matière et de l'énergie d'une part, et l'aménagement du territoire en respectant le milieu naturel d'autre part.

LES TECHNIQUES A FROID

Ce sont des techniques qui utilisent des mélanges à froid et s'intéressent au développement de la réutilisation des matériaux en place. Elles se distinguent par la préservation du milieu naturel, et une économie importante des ressources énergétiques.

LE RETRAITEMENT A FROID

Le retraitement des chaussées à l'émulsion à froid consiste à retraiter tout ou partie d'une chaussée avec de l'émulsion de bitume, avec ou sans apport complémentaire de granulats. Le retraitement se fait le plus fréquemment en place.

On distingue principalement :

- le retraitement des chaussées essentiellement constituées de matériau non traité et dont la couverture bitumineuse est faible
- le retraitement des enrobés bitumineux minces (4 cm) ou épais (égale ou supérieure à 6 cm) sur chaussée souple ou semi-rigide (couche de base traitée aux liants hydrauliques).

Le retraitement des chaussées en place est une solution économique, très intéressante pour son apport au niveau de la sauvegarde de l'environnement. Elle permet en effet de :

- économiser les prélèvements des granulats « nobles » en carrières
- réduire la production des déchets provenant des chantiers routiers
- réduire les nuisances dues au transport des granulats
- réduire la dégradation de l'environnement
- réduire l'appel à l'énergie
- réduire les délais de réalisation

LES ENROBES COULES A FROID

Ce sont des coulis de consistance fluide, à base d'émulsion modifiée. Ils sont constitués de sable et d'agregats avec un ajout d'eau et d'adjuvants. Mis en oeuvre à froid, ils sont classés entre les enrobés et les enduits superficiels et présentent un rapport qualité/prix très intéressant.

De part l'aspect technique et économique, les enrobés coulés à froid contribuent à la sauvegarde de l'environnement par leur faible appel à l'énergie de chauffage, la propreté de la mise en oeuvre, et la rapidité de l'exécution.

ETUDE DE CAS

Conscients de la problématique de l'environnement, les gestionnaires du secteur routier ont développé une veille technologique, pour adapter l'évolution de la construction et de l'entretien des routes aux exigences de la sauvegarde des milieux naturels.

C'est dans ce cadre que s'inscrivent les efforts déployés pour apporter une contribution au développement du pays en stimulant le transfert des technologies, et en favorisant la voie de la promotion des techniques innovantes de la maintenance des chaussées.

L'évaluation des opérations réalisées dans ce cadre , utilisant les enrobés à haute performance et les techniques à froid, ont permis de mettre en évidence les avantages que procurent les techniques utilisées, sur les plans économique, technique, et surtout environnemental. Si on doit se limiter aux avantages globaux qui constituent un dénominateur commun pour la quasi totalité des techniques innovantes de la maintenance des chaussées, on peut déjà énumérer d'une manière non exhaustive les éléments suivants :

- un gain sur les délais
- Un gain sur les quantités des matériaux à mettre en place
- Une préservation de l'environnement
- Une amélioration de la sécurité des chantiers

La réduction des délais et des quantités des matériaux est synonyme de réduction d'énergie et de réduction des émissions de CO2 par conséquent. Ce gain de l'impact sur l'environnement est illustré par les études de cas suivants

RENFORCEMENT DE LA RN 1 (ASILAH – TANGER)

Les travaux de renforcement de cette section ont été lancés selon les techniques classiques pour une longueur de 38 km. La structure consiste en la mise en œuvre d'une couche de 8 cm de GBB et une couche de roulement d'une épaisseur de 5 cm en enrobé bitumineux.

La solution réalisée était le retraitement des matériaux sur 8 cm, à l'émulsion de bitume, et la mise en œuvre d'une couche de roulement d'une épaisseur de 5cm en enrobé bitumineux.

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 68 172, 00 T
- Structure variante : 26 226, 00 T
- Gain : 41 946, 00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique classique : 418 576, 08 KG
- Technique innovante : 161 027, 64 KG
- Gain : 257 548, 44 KG (61%)

RENFORCEMENT DE LA RN 11 SETTAT

Le renforcement de cette section d'une longueur de 30 km nécessitait en structure classique une couche de base de 10 cm en GBB et une couche de roulement d'une épaisseur de 5 cm en béton bitumineux.

La technique utilisée est le retraitement en place à base d'émulsion .sur 8 cm et un tapis en enrobé de 5 cm. Cette technique a permis une importante économie des matériaux dans une zone caractérisée par leur rareté.

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 62 100, 00 T
- Structure variante : 20 700, 00 T
- Gain : 41 400, 00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 381 294, 00 KG
- Technique innovante : 127 098, 00 KG
- Gain : 254 196, 00 KG (67%)

ELARGISSEMENT ET RENFORCEMENT DE LA VOIE DE CONTOURNEMENT DE RABAT

Le renforcement prévu par la solution de base consiste à réaliser une couche de 10 cm de GBB et 7 cm de BB, avec dans les parties élargies, 20 cm de GBB. La variante réalisée est la suivante : retraitement à froid sur place de la chaussée existante sur 10 cm et 7 cm de BBME. Pour les parties élargies 14 cm EME.

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 15 800,00 T
- Structure variante : 9 562,00 T
- Gain : 6 238,00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 97 012, 00 KG
- Technique innovante : 58 710. 68 KG
- Gain : 38 301, 32 KG (40%)

ELARGISSEMENT ET DE RENFORCEMENT DE LA RN 8

EL KALAA DES SRAGHNA

La structure de base concerne un élargissement à base de grave non traitée et de grave bitume, accompagné d'une couche de GBB généralisée de 10 cm et une couche de roulement en EB 0/10 de 6 cm.

Les travaux réalisés selon la variante proposée en utilisant les enrobés à haute performance est la suivante : élargissement : 7 cm EME + 5 cm BBME ; renforcement : section 1 , retraitement en place 10 cm + BBME 5 cm ; section 2, 7 cm EME + 5 cm BBME

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 57 739.00 T
- Structure variante : 32 131.00 T
- Gain : 25 608.00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 345 517.46 KG
- Technique innovante : 197 284,34 KG
- Gain : 148 233,12 KG (43%)

DEDOUBLEMENT DE LA RP 4018 RABAT

La structure de base qui a servi pour l'appel d'offre comprend en plus des travaux de la GNT, une couche de base en GBB de 10 cm, et un tapis généralisé en enrobé 0/10 de 5 cm.

La variante proposée et réalisée comprend un retraitement en place à froid de la chaussée existante, associé à un EME pour les parties à élargir et un tapis généralisé en BBME.

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 23 815, 00 T
- Structure variante : 18 516, 00 T
- Gain : 5 299, 00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 146 224, 10 KG
- Technique innovante : 113 688, 24 KG
- Gain : 32 535, 66 KG (22%)

REVETEMENT DE LA RN 10

OUARZAZATE/TINGHIR

La solution de base prévoit la réalisation d'un tapis de 5 cm en enrobé 0/10 classique après un reprofilage de la chaussée existante.

La variante consiste à remplacer l'enrobé classique par un tapis de 3 cm en BBM, à base de bitume modifié

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 80 949, 00 T
- Structure variante : 53 985, 00 T
- Gain : 26 964, 00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 497 026, 86 KG
- Technique innovante : 331 467, 90 KG
- Gain : 165 568, 96 KG (33,31%)

ELARGISSEMENT ET RENFORCEMENT

DE LA RP 3038 CASABLANCA (AEROPORT MV)

La solution de l'appel d'offres consiste à réaliser une couche de base de 12 cm de GBB et un tapis d'enrobé classique 0/10 de 6 cm, pour la couche de roulement.

La variante proposée et réalisée prévoit un retraitement à froid en place de 8 cm et une couche de roulement de 6 cm en BBME.

Quantité des enrobés :

- Structure de base : 21 445, 00 T
- Structure variante : 7 148, 00 T
- Gain : 14 297, 00 T

Bilan énergétique (rejet CO2) :

- Technique de base : 131 672, 30 KG
- Technique innovante : 43 888, 72 KG
- Gain : 87 783, 58 KG (67%)

BILAN ENERGETIQUE

TABLEAU RECAPITULATIF

OPERATION	LOCALITE	ANNEE REALISATION	QUANTITE D'ENROBE (T)		DEGAGEMENT CO2 (kg)		GAIN	%
			CLASSIQUE	NOUVELLE	CLASSIQUE	NOUVELLE		
Renforcement de la RN11	SETTAT	2003	62 100,00	20.700,00	381 294,00	127 098,00	254 196,00	66,67
Renforcement de la RN1	TANGER	2005	681 172,00	26 226,00	418 576,00	161 027,00	257 548,00	61,53
Renforcement de la RP3038	CASABLANCA	2011	21 445,00	7 148,00	131 672,00	43 888,00	87 783,58	66,67
Renforcement du contournement de Rabat	RABAT	2015	15 800,00	9 562,00	97 012,00	58 710,00	38 301,00	39,48
Revêtement de la RN10	OUARZAZATE	2015	80 949,00	53 985,00	497 026,00	331 463,00	165 568,00	33,31
Renforcement de la RN8	KELAA SRAGHNA	2016	57 739,00	32 131,00	345 517,00	197 284,00	148 233,00	42,90
Dédoublément de la RP4018	RABAT	2016	23 815,00	18 516,00	146 224,00	113 688,00	32 535,00	22,25
TOTAL			943 020,00	147 568,00	2 017 321,00	1 033 158,00	984 164,58	48,79

VI-CONCLUSION

La sauvegarde de l'environnement se trouve désormais au centre des préoccupations de toutes les instances internationales intéressées par l'évolution de l'humanité.

La survie de toutes les espèces vivantes est conditionnée par l'impact des actions humaines sur les différents paramètres qui régissent l'interaction de l'homme et du milieu naturel dans lequel il évolue.

Le dégagement du CO₂, est un facteur destructeur, qui se trouve à la base des changements climatiques, et par conséquent de la perturbation des écosystèmes.

Toutes les industries contribuent au développement de ce fléau, difficile à éradiquer en considérant les impératives du développement, mais qui peut être maîtrisé si les responsables de sa genèse s'investissent et se mobilisent pour réduire l'appel à l'énergie classique.

L'industrie routière fait partie des générateurs des gaz à effet de serre. Nous avons prouvé à travers cet exercice que le dégagement du CO₂ peut être réduit de moitié, si on s'oriente vers des techniques de construction et de maintenance qui utilisent moins de matériaux et moins d'énergie.

Cette technologie (enrobé à haute performance et technique à froid) utilisée de plus en plus au Maroc est un vecteur porteur de la protection de l'environnement.

Il est par conséquent indispensable de favoriser le recours à ces techniques de manière universelle, et de focaliser tous les efforts sur la recherche scientifique dans le domaine routier pour réduire d'avantage le dégagement du CO₂ à travers le recours à d'autres produits routiers adaptés à la sauvegarde de l'environnement.